Chapitre 1

Comprendre la classification du vivant[1]

1. Qu'est-ce que classer?

« La reconstitution des lignes de descendance fonde l'identification juste de la place d'un être au sein de la diversité des formes vivantes. La phylogénie [...] apparaît ainsi comme la seule clé non arbitraire de la classification naturelle et de la compréhension des organismes en tant d'abord que produits de l'évolution. »

Patrick Tort, *Sciences et Avenir*, numéro spécial «Le monde selon Darwin», sous la direction de Laurent Mayet, hors série n°134, avril-mai 2003.

À une mise en ordre, peut correspondre toute une gamme de procédures : rangement, tri ou classement (voir encadré *Point de repère 1*). En Sciences de la Vie, une simple mise en ordre des organismes vivant à la surface de la Terre n'apporterait rien sur la compréhension des causes à l'origine de cet ordre. Elle se limiterait à un constat. C'est ainsi qu'une collection d'êtres vivants pourrait être rangée par taille, triée — pour une clé de détermination (permettant de retrouver un nom) — ou encore classée par type de milieu occupé. Mais ces mises en ordre ne fourniraient que des informations parcellaires et circonstanciées. Elles donneraient un instantané d'un état du monde vivant mais ne permettraient pas d'accéder à la compréhension de ce qui explique son unité et sa diversité. Autrement dit, elles ne rendraient pas le monde vivant intelligible.

Pour atteindre ce but, les scientifiques classent les êtres vivants selon un ordre qui reflète une cause précise de leur existence. Cette cause est reconnue aujourd'hui comme étant l'évolution des espèces. Les regroupements opérés dans une classification font état d'un ordre naturel reposant sur la « généalogie » des espèces, ou, plus précisément, sur leur phylogénie. La distinction entre ces deux notions est essentielle : pour retracer une généalogie, on pose la question « qui descend de qui? », alors que pour construire une phylogénie, on se demande «qui est plus proche de qui ? ». Nous y reviendrons.

La classification n'est donc pas une opération neutre de mise en ordre. Elle reflète l'ordre phylogénétique. En biologie, la science des classifications est la **systématique**.

2. Plusieurs classifications, plusieurs objectifs

Parmi les opérations mentales élémentaires, la fabrication de catégories permet d'appréhender le monde et de construire un langage. Dans une classification, les entités désignées par de nouveaux mots trouvent leur sens dans une vision du monde sous-jacente. Par exemple, des classifications utilitaires organisent les objets selon nos besoins matériels: les termes « fruits de mer », « poissons » ou « viandes rouges » prennent un sens dans une cuisine. Les termes « fouisseurs » ou « herbivores » prennent un sens dans une classification servant la description écologique d'un milieu naturel. Les termes « échinodermes », « mollusques » renvoient aux classifications zoologiques qui sont aujourd'hui basées sur nos connaissances concernant le déroulement de l'évolution biologique.

Les entités créées par chaque type de classification ne se superposent pas. Ainsi, dans un laboratoire de zoologie, le terme «fruits de mer» n'a aucune cohérence. C'est la perception du monde et les objectifs sous-jacents – qui n'ont rien à voir suivant que l'on est dans une cuisine ou dans un laboratoire de zoologie – qui déterminent cette cohérence. Il est donc très important d'utiliser une classification qui soit en accord avec les **objectifs** que l'on s'est fixé et le **contexte** dans lequel on se trouve. En zoologie, les « fruits de mer » recouvrent des organismes d'une grande hétérogénéité et leur étude n'apportera aucun éclairage intéressant pour la compréhension de l'évolution du vivant. Réciproquement, l'emploi du mot « échinoderme » dans une cuisine n'est d'aucune utilité, dans la mesure où il ne renvoie à aucune caractéristique gustative exclusive. Il n'est donc pas question de transférer le vocabulaire scientifique dans tous les secteurs de l'activité humaine, mais seulement d'utiliser le vocabulaire adéquat au sein de chacun d'eux.

[1] Tratto da: Lecointre, G. (sous la direction), *Comprendre et enseigner la classification du vivant*. Belin, Paris **2004** pp. 16-25, 37, 181, 183

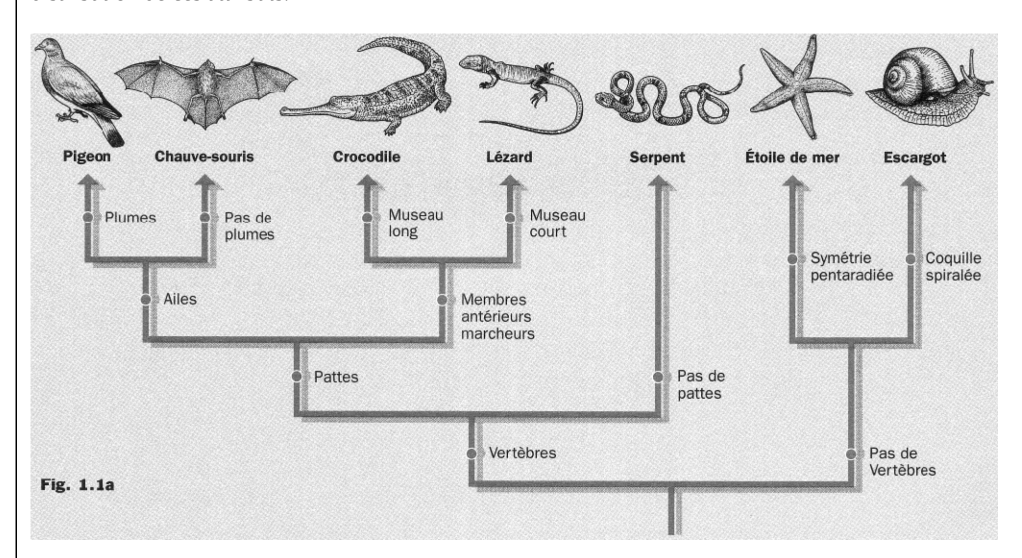
Point de repère (1)

Apprendre à distinguer les activités « trier », « ranger » et « classer »

Ranger est l'opération qui consiste à **organiser** ou à **sérier** des objets selon un ordre croissant ou décroissant à l'aide d'un **critère continu.** C'est ainsi que l'on rangera du plus petit au plus Brand un rat, un cheval, un éléphant.
Trier revient à **discriminer** des objets en fonction d'un **critère binaire.** L'un des critères les plus simples est: «qui a?/«qui n'a pas?». Le rat, le cheval et I'éléphant ont des vertèbres. Le ver de terre, l'escargot et le scarabée n'ont pas de vertèbres. Le tri est un choix éliminatoire dont on se sert lorsqu'il s'agit de reconnaître une espèce. On l'utilise dans ce que l'on appelle une **clé de détermination**, c'est-à-dire un arbre décisionnel qui hiérarchise de manière dichotomique (a/n'a pas) les observations relatives à un organisme et permet ainsi de trouver le nom de ce dernier (**figure 1.1a**).
Classer, c'est établir des **regroupements** entre des **objets** sur la base d'un critère donné, afin de former des **ensembles qui reflètent une cause sous-jacente. Classer une collection d'êtres vivents,** c'est mettre en évidence une **hiérarchie dans la distribution des attributs** parmi eux, et partir de celle-ci pour créer **des groupes emboîtés.** C'est regrouper les êtres vivants sur la base du partage de caractères (d'attributs) communs **(figure 1.1b)** de manière à ce que ces groupes reflètent la connaissance que les scientifiques ont du déroulement de l'évolution biologique, cause de la hiérarchie observée dans la distribution de ces attributs.

Le point essentiel est que l'on ne se soucie pas de la causalité sous-jacente à l'existence des objets dans le rangement ou dans le tri : une clé de détermination n'est donc en aucun cas une classification. Et logiquement, les méthodes utilisées pour construire une clé de détermination n'ont rien à voir avec celles qui sont utilisées pour construire une classification biologique moderne. Ainsi, on confond tri et classement lorsque l'on oppose dans une soi-disant classification les invertébrés aux vertébrés.
Cette confusion tri/classement est véhiculée par beaucoup de programmes scolaires, qui continuent à présenter le monde animal comme étant fondamentalement constitué des vertébrés et des Invertébrés et à présenter comme une vraie classification ce qui n'est en fait qu'une clé de détermination (c'est-à-dire une arborescence correspondant à un tri).

Remarques
Si certains attributs peuvent être utilisés à la fois dans une opération de tri et dans une opération de classification (la présence de vertèbres dans la figure 1.1), cela ne doit pas conduire à la confusion des deux opérations.



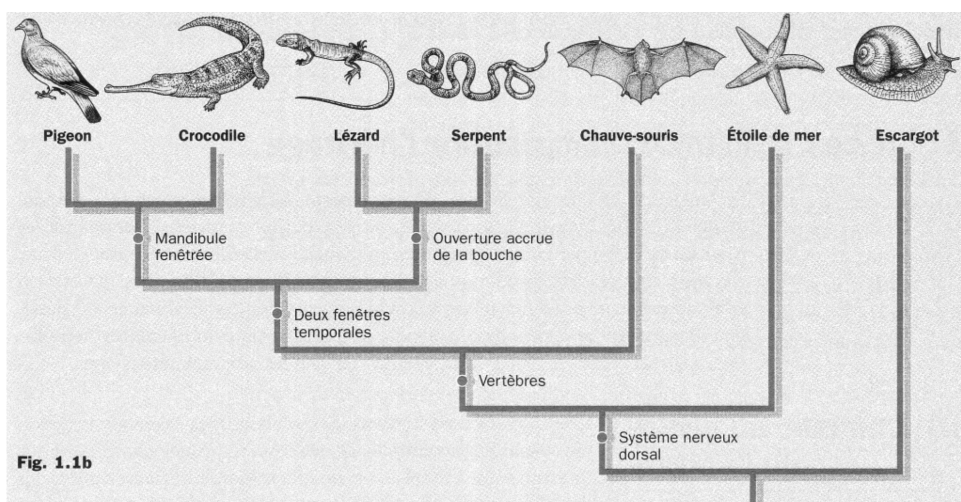


Fig. 1.1. Les activités « trier » (a) et « classer » (b) appliquées à la collection pigeon, chauve-souris, lézard, crocodile, serpent, étoile de mer, escargot. Trier est une opération pratique qui ne dit rien sur l'origine des êtres vivants. Elle permet de les distinguer et de les reconnaître. Elle génère une clé de détermination. Dans un tri, pour analyser un organisme; on se base autant sur la présence que sur l'absence d'un attribut. Dans une classification, on ne prend en compte, au départ, que Ies attributs qui sont réellement présents dans et partagés par un ensemble d'organismes. L'activité de classement génère une classification.

3 . Un peu d'histoire : comprendre l'héritage

En biologie, la classification du vivant a pour objectif d'éclairer les causes de la diversité du monde vivant. Depuis plusieurs siècles que ce problème motive les scientifiques, les réponses qu'ils y apportent ont complètement changé. La classification du vivant a donc, elle aussi, changé. Partons pour un petit voyage dans le temps. Il va nous apporter un éclairage précieux sur les mutations qu'a subi la science des classifications au XXe siècle. Il nous permettra également de comprendre pourquoi certaines incohérences ou confusions peuvent encore se nicher dans les esprits et dans les programmes scolaires.

3.1. L'homme au centre de l'Univers

C'est à partir de la Renaissance que commença à émerger la notion de classification naturelle, laquelle aurait quelque chose à dire sur la nature qui soit autre chose que la simple retranscription des besoins matériels humains (auparavant, les classifications étaient surtout utilitaires). Les classificateurs se fixèrent alors pour but de comprendre l'ordre intrinsèque qui était censé régir la Nature et de le restituer par une classification naturelle, par essence unique. Dans leur quête de cet ordre, les hommes de science comparèrent les êtres vivants, sur la base de ce qu'ils **ont** mais également de ce qu'ils **n'ont pas,** et traduisirent les ressemblances qu'ils mettaient ainsi en évidence par des classifications.

C'est dans ce contexte, au début du XVe siècle, que **Carl von Linné** (1707-1778) a réalisé une classification... dont beaucoup de concepts persistent encore de nos jours, alors que les principes scientifiques qui la sous-tendent sont totalement caduques. En effet, au temps de Linné, science et théologie étaient fortement liées. Ainsi, le naturaliste Georges Buffon (1707-1788) dut récuser l'estimation de l'âge de la Terre qu'il avait obtenue grâce à ses expériences, car cet âge ne correspondait pas à celui de la Création du monde selon les théologiens. Dans la même veine, la classification du vivant – qualifiée par Linné de « science divine » – se devait de refléter un ordre divin, au sommet duquel se trouvait l'homme, créature parfaite. Les êtres vivants furent donc classés « en comparaison avec l'homme »: pouvaient ainsi être réunis dans un même un groupe ceux qui **n'avaient pas** tel ou tel attribut possédé par l'homme. Les invertébrés, contrairement à l'homme, n'ont pas de vertèbres. Les agnathes, à l'inverse de l'homme, n'ont pas de mâchoire, etc. Les classifications qui ont été générées de la sorte s'organisaient donc en pelures concentriques, avec au centre, l'homme, et à mesure que l'on s'en éloigne, des êtres vivants qui ont de moins en moins d'attributs communs avec lui. Autrement dit, les êtres vivants étaient classés selon qu'ils possédaient ou non ce que l'homme a.

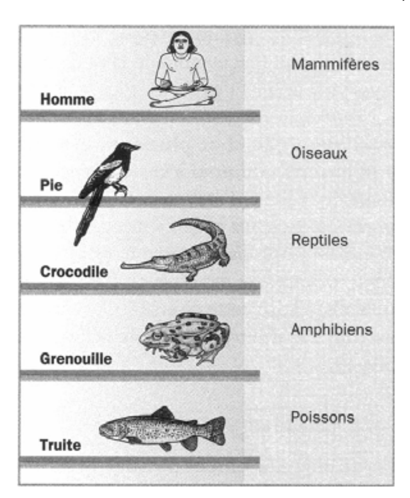


Fig. 1.2. L'échelle des êtres.

Cette vision du monde était traduite par la métaphore de l'échelle des êtres – développée par Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) et Charles Bonnet (1720-1793) (**figure 1.2**). Au sommet, l'homme. En dessous, des barreaux où les organismes se définissent à la fois par **ce qu'ils ont** (ils ont des attributs que ne possèdent pas les organismes du barreau du dessous) et par **ce qu'ils n'ont pas** (ils n'ont pas les attributs que possèdent les organismes du barreau du dessus).

3.2. Du fixisme au transformisme

3.2.1. Les espèces ne sont plus immuables

Dans la classification de Linné, les espèces ont été créées par Dieu une fois pour toute et elles n'évoluent pas : c'est une vision **fixiste** du monde. Mais, dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, une idée fait son chemin chez certains philosophes, chez des naturalistes et des horticulteurs : les espèces ne sont peut-être pas immuables, la Nature pourrait avoir modifié les espèces tout comme le font horticulteurs et éleveurs. Cette vision, dite **transformiste,** a réellement pris corps chez **Jean-Baptiste Lamarck** (1744-1829).

Le transformisme nia la fixité des espèces et généralisa l'idée qu'au cours du temps, les espèces se transforment. Pour expliquer comment, **Charles Darwin** (1809-1882) proposa dans son ouvrage *De l'origine des espèces* (1859) une théorie – la **théorie de l'évolution,** dont nous ne discuterons pas en détail ici – qui reste aujourd'hui le cadre théorique en vigueur pour la biologie. Le résultat est que, au cours du temps, les espèces se transforment et lèguent leurs caractères héréditaires à leur descendance. Schématiquement, deux types de caractères sont ainsi transmis au cours de la généalogie des êtres vivants : des caractères « anciens », c'est-à-dire non modifiés, et des caractères « nouveaux », c'est-à-dire des caractères qui se sont transformés et dont la transformation est à l'origine de l'évolution de l'espèce considérée. L'acquisition de ces caractères nouveaux est qualifiée **d'innovation évolutive.**

Formulé autrement, cela signifie que, dans un ensemble d'espèces donné, un même caractère peut se trouver sous plusieurs états, c'est-à-dire sous la forme de plusieurs attributs (par exemple, le caractère « mandibule » peut correspondre à deux types d'attributs : une mandibule faite d'un seul os ou une mandibule faite de plusieurs os). Cette propriété est la pièce maîtresse qui permet de reconstituer le puzzle de l'évolution, et donc de classer les êtres vivants. En effet, sa conséquence fondamentale est **qu'un attribut trouvé à d'état identique chez plusieurs espèces actuelles a probablement été légué par un ancêtre commun à ces espèces**. Cet ancêtre commun est **hypothétique** car, faute de registre d'état civil, la généalogie des espèces au cours des temps géologiques est – et restera à jamais – inaccessible : le scientifique ne peut pas remonter le temps et ne peut observer que le résultat de cette généalogie complexe, c'est-à-dire la diversité actuelle des espèces. Il est réduit à faire des **hypothèses** quant aux étapes qui ont conduit à cette diversité. Cet ancêtre commun hypothétique est **exclusif** : ce n'est pas celui d'autres espèces actuelles chez qui l'attribut est trouvé sous une forme différente.

3.2.2. Une nouvelle manière de classer

Pour Darwin, **la classification doit refléter le plus fidèlement possible** le déroulement de la généalogie des espèces, c'est-à-dire celui de **l'évolution biologique.** Il n'est plus question de plan divin. D'après le principe que l'on vient d'évoquer, en étudiant la manière dont sont partagés les attributs dans un échantillon d'espèces, on va pouvoir traduire cette généalogie, non en termes de relation de parent à enfant (répétons que l'on ne dispose pas du registre d'état civil du vivant), mais en termes de **cousinage relatif** : on saura déterminer « qui est plus proche de qui ». Cette généalogie est en fait ce que l'on appelle une **phylogénie.** Dans ces conditions, quand on cherche à classer un ensemble d'êtres vivants, on doit faire des regroupements sur la base de la présence d'attributs et non, comme c'était le cas dans la démarche fixiste de Linné, sur la base de l'absence d'attributs. Tout regroupement fondé *a priori* sur une absence d'attribut ne décrirait rien, puisque la liste des « attributs absents » est infinie, quelles que soient les espèces considérées[2].

3.2.3. L'arbre comme représentation de la classification du vivant

À partir de la métaphore généalogique, l'image de **l'arbre** supplante celle de l'échelle des êtres. L'introduction du temps dans la figure de l'arbre s'effectue en 1809 chez Lamarck, dès 1837 chez Charles Darwin et en 1856 chez Alfred Russell Wallace (1823-1913). L'arbre qui s'impose, surtout dans le dernier tiers du XIX[e] siècle, est appelé « phylogénie » – en 1859, Darwin ne disposait pas du mot « phylogénie »: il fut forgé par Ernst Haeckel (1834-1919) en 1866, voir l'encadré *Point de repère 2*. La classification et ses groupes, appelés taxons, traduisent désormais le **lignage phylogénétique** des êtres vivants, c'est-à-dire leurs **liens de parenté** (« **qui est plus proche de qui ?** »). L'arbre est à la fois une représentation de ces liens de parenté et le moyen graphique de restituer la hiérarchie de la distribution des attributs parmi les êtres vivants. On entend par hiérarchie, le fait que certains attributs sont plus largement répandus que d'autres. Par exemple, le crâne est plus largement distribué que le pouce opposable. Tous les êtres vivant ayant un pouce opposable ont déjà un crâne. Le groupe d'êtres vivants réunis sur le partage du pouce opposable (les primates) est une partie du groupe des êtres vivants pourvus d'un crâne (les crâniates).

---

2 Le cas d'une absence d'attribut liée à une perte secondaire (réversion, voir chapitre 2, section 3.8) semble être une exception à cette affirmation. Mais il faut garder à l'esprit que la réversion est indiquée par l'arbre final (elle n'est pas connue *a priori*): sur l'une des branches, on passe de l'état «présence de l'attribut» à l'état «absence de l'attribut».

Point de repère (2)

L'arbre phylogénétique : un arbre à remonter le temps

La distinction entra phylogénie et généalogie est essentielle dans le cadre de la démarche de classification du vivant. Trois points les distinguent:
- Une généalogie permet de répondre à la question «**qui descend de qui?**» (voir **figure 1.3a**). La phylogénie permet de répondre à la question «**qui est plus proche de qui?**», elle traduit des relations de parenté (des degrés relatifs d'apparentement, voir **figure 1.3c**).
- Dans un arbre généalogique, les branches **relient des individus bien identifiés**: elles correspondent à des liens génétiques d'ancêtre à descendant. Dans un arbre phylogénétique, seule l'extrémité des branches porte des individus identifiés et les branches relient des **ancêtres hypothétiques** à ces individus. Elles portent les innovations évolutives produites par ces ancêtres. Chaque branche est à l'origine d'un groupe, et ces innovations constituent donc autant d'arguments qui définissent l'existence, la pertinence phylogénétique du groupe.
- Déterminer une généalogie n'est possible, rappelons-le, qua si l'on possède des données rétrospectives (des registres d'état civil pour les généalogies humaines). Une généalogie est donc une **représentation directe du passé**. La phylogénie utilise des données actuelles: à partir de la comparaison des différents descendants, elle s'emploie à **reconstituer le passé**.

Même si, pour Darwin, il ne faisait pas de doute que le registre d'état civil permettant d'identifier individuellement les ancêtres resterait à jamais inaccessible, il employa le terme «généalogie». En effet, lors de la parution de *De l'origine des espèces* en 1859, i1 ne disposait pas du mot «phylogénie», qui fut forgé plus tard par Ernst Haeckel, en 1866. Darwin parlait donc de «généalogie» comme nous parlerions aujourd'hui de «phylogénie».

3.3. Darwin ne donna pas toute la solution…

Malgré les souhaits de Darwin en matière de classification, entre 1859 - date de parution de sa théorie de l'évolution - et 1950 - date de parution de l'ouvrage fondateur de la systématique moderne (voir section 4) qu'est la *Systématique phylogénétique* de l'entomologiste allemand Willi Hennig (1913-1976) - on a mélangé les relations d'ancêtres à descendants (généalogie) et les relations de parenté (au sens phylogénétique d'un cousinage relatif . En outre, dans le même temps, des scories de la classification centrée sur l'homme de Linné ont persisté - et persistent toujours - sous la forme de groupes dépourvus de signification phylogénétique. Essayons de comprendre pourquoi. Deux raisons principales font que, malgré les propositions de Darwin, les classifications biologiques ne sont pas devenues purement phylogénétiques.

3.3.1. Le problème des fossiles

La première explication est d'ordre social. Les propositions de Darwin ne furent pas acceptées sans mal. Pour fournir à leurs ennemis des preuves de l'évolution biologique, les « darwinniens » (ceux qui ont repris les idées de Darwin dans la dernière moitié du XIXe siècle) présentèrent les fossiles comme des ancêtres identifiés, comme des preuves matérielles du déroulement de l'évolution. Cela installa durablement la confusion entre généalogie et phylogénie, c'est-à-dire, rappelons-le, entre la reconstitution de relations génétiques d'ancêtres à descendants et la reconstitution de relations de parenté. C'est pourquoi ces auteurs, ainsi que leurs héritiers du XXe siècle placèrent les fossiles aux noeuds des branches des arbres phylogénétiques **(figure 1.3b).**

Mais, dans la mesure où l'on ne peut pas remonter le temps, on ne saura jamais « de qui » les espèces fossiles sont les ancêtres au sens génétique ou généalogique du terme (voir aussi chapitre 2, section 3.3). Dans une vraie classification phylogénétique, **les fossiles sont donc classés comme les êtres vivants actuels,** c'est-à-dire au bout des branches et en fonction des innovations évolutives qui les caractérisent **(figure 1.3c)**.

3.3.2. La systématique éclectique

La seconde explication est qu'à l'époque, la systématique s'attachait non seulement à traduire des « affinités évolutives » (la phylogénie) mais également les notions de « **saut adaptatif** » et de « **degré de complexité** ». On parle ainsi de **systématique éclectique**.

Donnons un exemple. La systématique éclectique fait apparaître la classe des « reptiles » — comprenant en particulier les dinosaures au sens trivial du terme, les tortues, les lézards et serpents (les squamates) et les crocodiles **(figures 1.3b et 1.5**; voir aussi chapitre 8, encadré *Point de repère 4*)[3].

[3] Selon la convention actuelle, le nom des groupes et le nom vernaculaire des espèces s'écrivent entièrement en minuscules.

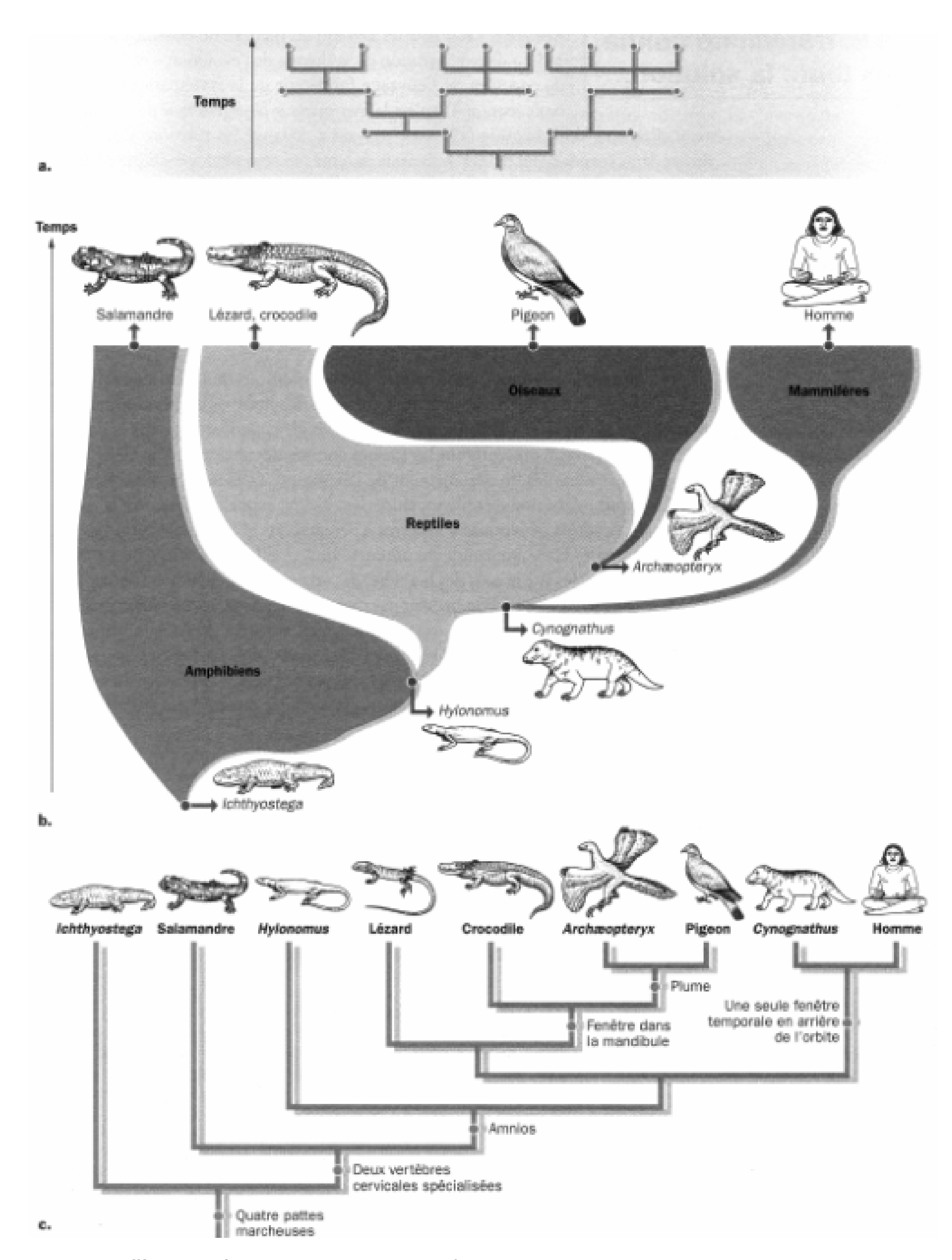


Figure 1.3. Différentes représentations des relations entre les êtres vivants. a. Arbre généalogique. **b.** Représentation mélangeant les relations d'ancêtres à descendants (généalogie) et les relations de parenté (phylogénie), telle que la produisait la systématique éclectique: les fossiles (en italiques) sont placés aux noeuds et des groupes sans signification phylogénétique (poissons, amphibiens, reptiles) sont conservés. **c.** Vraie classification phylogénétique. Aux noeuds, on n'a plus des fossiles mais des ancêtres hypothétiques caractérisés par des arguments, appelés également transformations de caractères ou innovations évolutives.

Point de repère (4)

Qu'est-ce qu'un reptile?

Le terme de «reptile», s'il semble représenter pour nous de grosses bêtes à écailles, ne signifie rien du point de vue de la phylogénie. Les «reptiles» regroupent classiquement dans la faune actuelle les tortues, le sphénodon (sorte de lézard archaïque), les lézards et les serpents, les amphisbènes (lézards fouisseurs sans pattes) et les crocodiles. Il n'existe aucun caractère, ni anatomique, ni moléculaire, qui soit exclusif aux reptiles. Ils sont définis négativement: ce sont des amniotes (animaux qui se développent dans une poche: l'amnios) sans poils ni plumes. Les reptiles incluent une foule d'amniotes fossiles dont les plus populaires sont les dinosaures de l'ère secondaire (par exemple, le *Tyrannosaurus) et* les thérapsides («reptiles mammaliens») du Permien et du Trias.

Si lon examine la phylogénie des tétrapodes (**figure 8.2**), on constate que les crocodiles sont plus proches des oiseaux qu'ils ne le sont de n'importe quel autre reptile! Et beaucoup de reptiles fossiles du Permien (reptiles «mammaliens»,) sont plus proches de nous, mammifères, que des lézards! Les reptiles ne sont donc pas homogènes du point de vue phylogénétique. Pour constituer un taxon monophylétique, ils devraient englober les oiseaux et les mammifères.

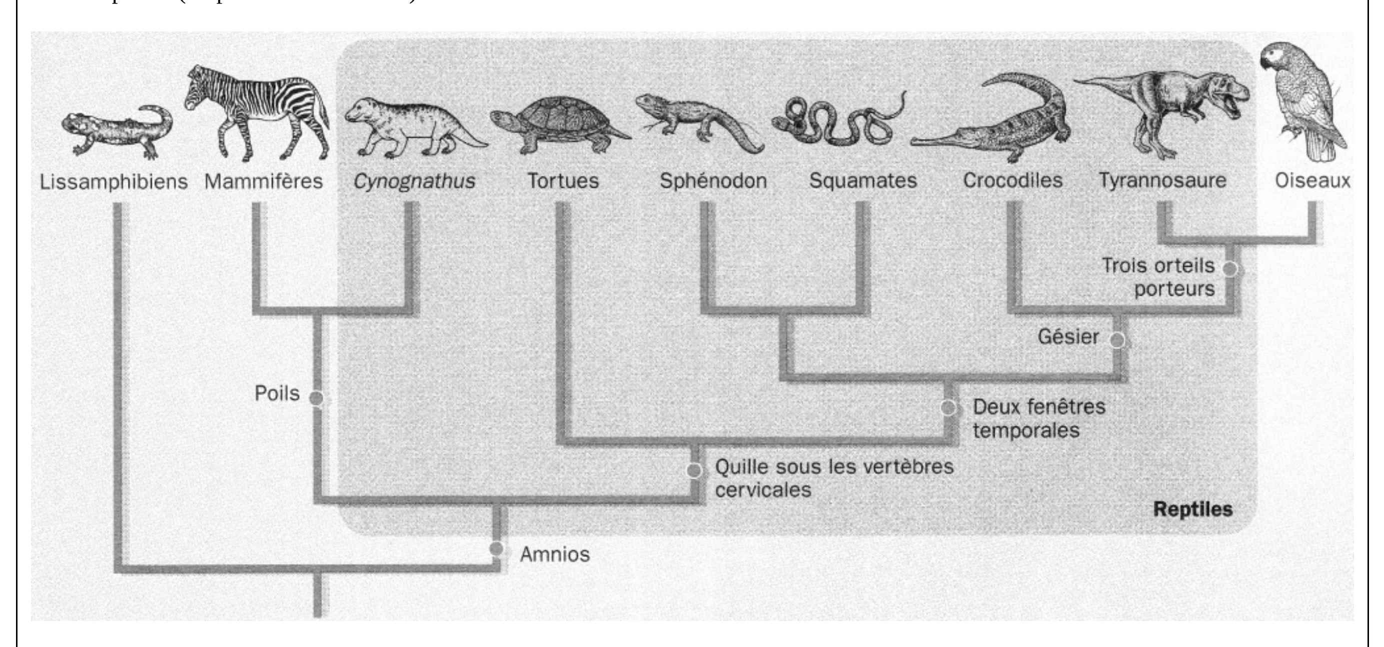


Fig. 8.2. Phylogénie des tétrapodes (avec neuf groupes: lissamphibiens, mammifères, *Cynognathus* - reptile mammalien fossile -, chéloniens -, sphénodon, squamates, crocodiles, *Tyrannosaurus* - archosaure fossile -, oiseaux) montrant ce que sont les «reptiles».

Or, dès la fin du XIX[e] siècle, on a montré que les oiseaux présentaient des affinités évolutives avec les dinosaures théropodes (tel le *Velociraptor* du film *Jurassic Park*) : on disposait d'arguments prouvant que certains dinosaures théropodes étaient plus apparentés aux oiseaux (plus proches d'eux) qu'à n'importe quel autre reptile (autrement dit, que dinosaures et oiseaux partageaient des innovations évolutives et des ancêtres communs exclusifs). La classe des reptiles n'avait donc plus de signification phylogénétique, puisqu'elle contenait des organismes (certains dinosaures) plus proches d'organismes non reptiles (les oiseaux) que des autres reptiles. Pourquoi, pendant un siècle, n'a-t-on pas intégré la classe des oiseaux à celle des reptiles ? Pour souligner des différences anatomiques entre ces deux classes, différences qui relevaient de l'idée que l'on se faisait d'une adaptation à un milieu particulier, et apparaissaient si remarquables que l'on a parlé de « saut adaptatif ». En effet, dans l'arbre évolutif, l'acquisition de la capacité à voler par les oiseaux va de pair avec l'apparition de plusieurs spécialisations (plumes, bréchet, anatomie du membre antérieur, etc.) sur la branche propre qui mène à ces derniers (**figure 1.4**). En ce sens, les oiseaux ont fait un bond en termes de « degré de complexité ». Mais cette notion de complexité n'est pas définie objectivement: elle n'est que le reflet de la sensibilité du classificateur. Si le classificateur était une truite, savoir voler constituerait-il un « saut adaptatif » ? Parce qu'elle voulait souligner ce saut adaptatif, la systématique éclectique masquait le véritable groupe-frère des oiseaux – les dinosaures théropodes – en le noyant dans le groupe « reptile ». Et pourtant, même à l'époque de la systématique éclectique, on savait très bien quel était ce groupe-frère.

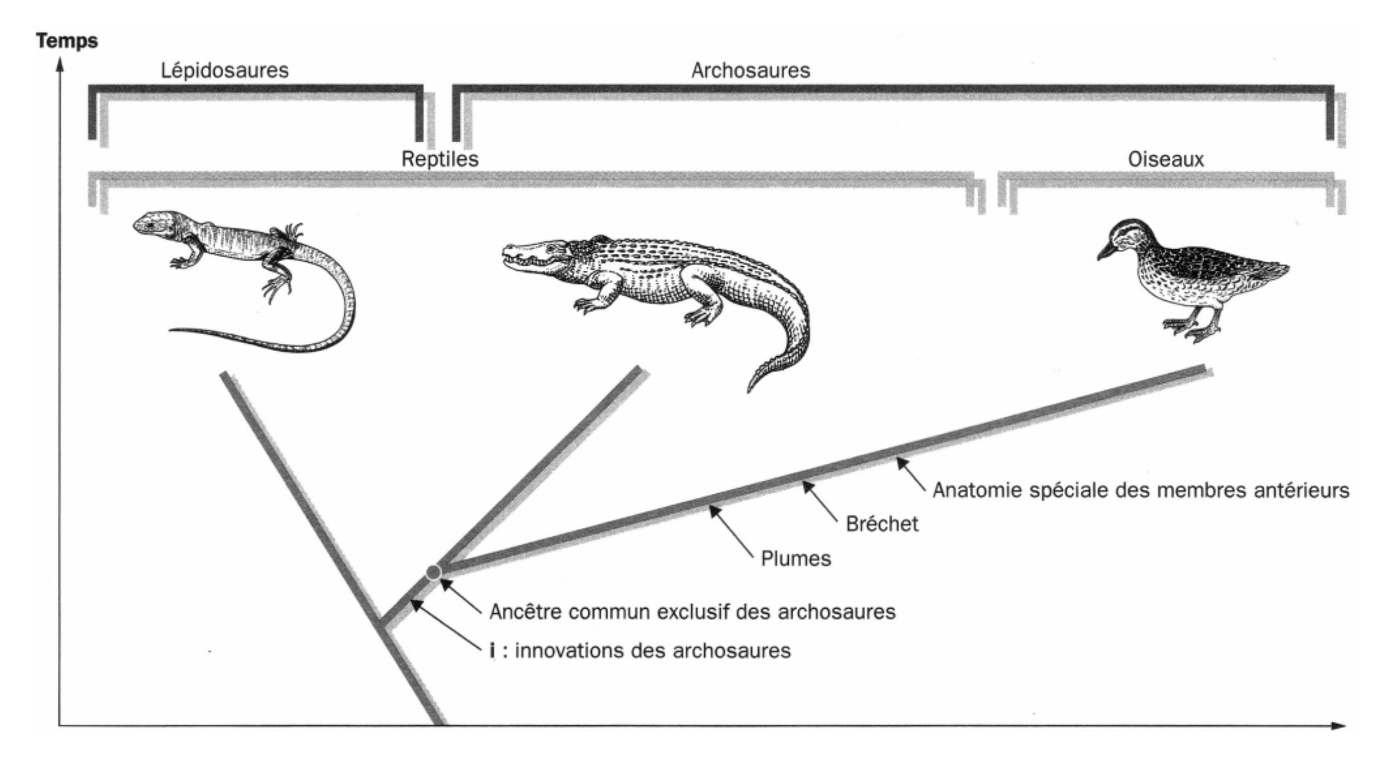


Fig. 1.4. Classement sur la base du «saut adaptatif» ou du «degré de complexité» (systématique éclectique) *versus* vrai classement phylogénétique. L'axe des abscisses quantifie le changement morphologique. L'axe des ordonnées représente le temps. Le premier type de classement oppose la classe des «reptiles» et celle des oiseaux, parce que les oiseaux ont accumulé de nombreuses transformations sur la branche qui mène à eux (ils ont fait un «saut adaptatif»). Mais cette classification occulte le fait que les crocodiles sont plus proches parents des oiseaux que des lézards (crocodiles et oiseaux partagent un ancêtre commun exclusif). Dans le classement phylogénétique, le partage exclusif d'innovations évolutives par les crocodiles et les oiseaux (notées i) conduit à opposer le groupe des archosaures et celui des lépidosaures.

A titre d'information, les oiseaux, les dinosaures au sens trivial du terme, les ptérosaures, les crocodiles et un certain nombre de groupes fossiles moins populaires constituent l'ensemble des archosaures (**figures 1.4** et **1.5**). Dans la faune actuelle, les seuls archosaures restants sont les crocodiles et les oiseaux. On notera que les reptiles n'ont pas plus d'homogénéité lorsqu'on les considère uniquement à partir de la faune actuelle : les crocodiles sont plus apparentés aux oiseaux qu'à n'importe quel groupe de reptiles actuels (tortues, lézards, serpents, rhynchocéphales). Les crocodiles partagent notamment avec les oiseaux la mandibule fenêtrée et le gésier.

Grand défenseur de la systématique éclectique, Ernst Mayr (né en 1904) écrivit lui-même qu'on n'aurait jamais « fait les reptiles » s'il n'y avait eu les oiseaux. Les reptiles n'existent que pour souligner le saut adaptatif réalisé par les oiseaux. Ils ne valent qu'en rapport à un devenir. Classer en fonction d'un devenir est illogique en sciences de l'évolution, car les traces de la phylogénie se trouvent sur ce que possèdent les êtres et ceux-ci ne sont porteurs que de leur passé. La distinction négative reptile / oiseaux masque l'apparentement exclusif crocodile / oiseaux. En somme, le saut adaptatif et la discontinuité de complexité sont des concepts évolutionnistes qui masquent, dans la classification, les véritables liens de parenté (**figure 1.5**). Ils ont permis la perpétuation d'anciens groupes linnéens sous un vernis évolutionniste.

La classe des « poissons » constitue un autre exemple très classique de groupe sans signification phylogénétique mais conservé par la systématique éclectique (**figure 1.5**). Nous en reparlerons plus loin (voir section 4.5.2, encadré *Point de repère 3* ; voir aussi chapitre 8, encadré *Point de repère 5*).

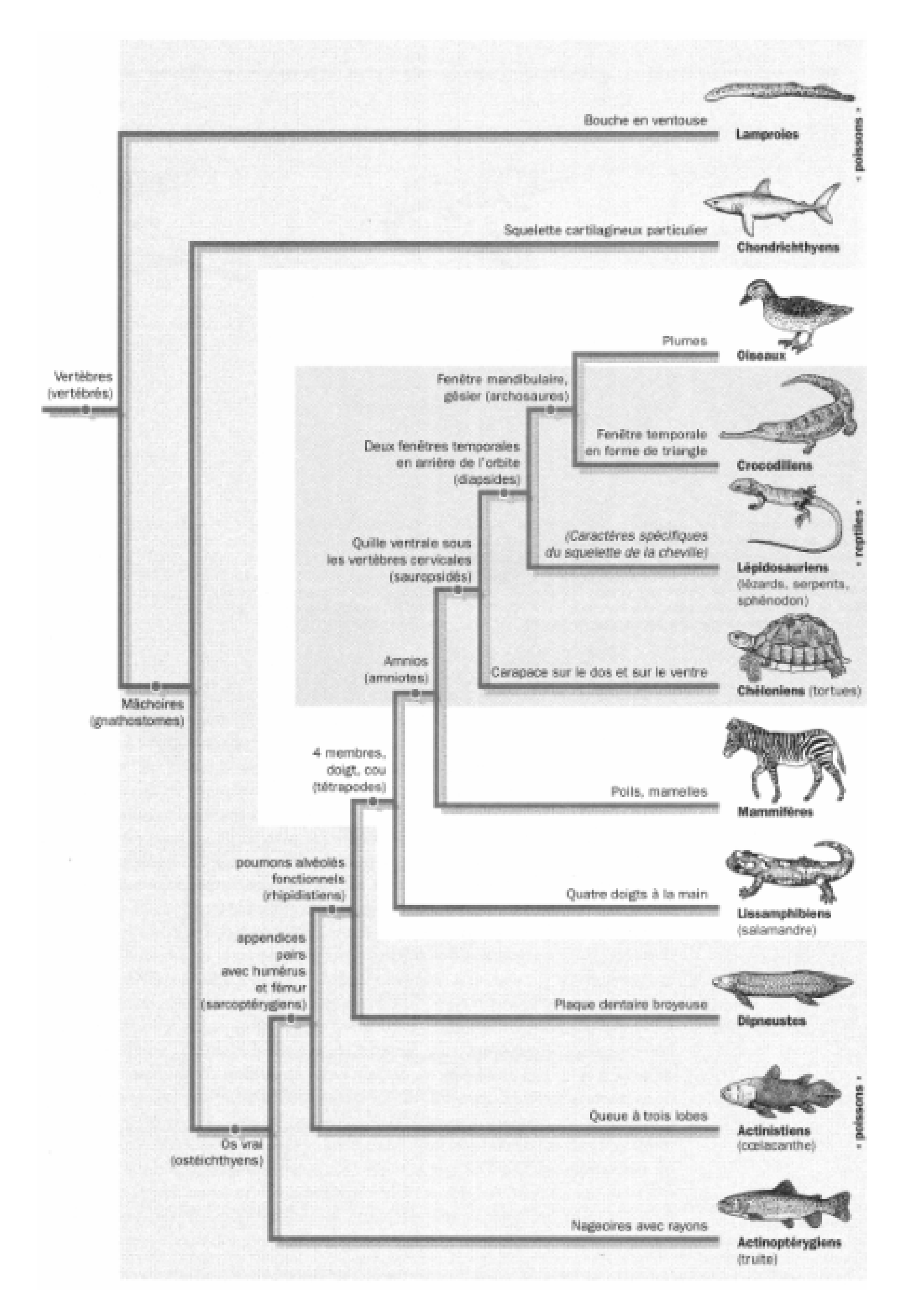


Fig. 1.5. Où sont les «reptiles» et les «poissons» dans une vraie classification phylogénétique des vertébrés? À chaque noeud, on trouve un ancêtre hypothétique, caractérisé par une ou plusieurs innovations évolutives (indiquées avant le noeud). Cet ancêtre est à l'origine d'un groupe, dont le nom est indiqué entre parenthèse. Ce groupe comprenant un ancêtre et la totalité de ses descendants est le seul type de groupe valide dans une vraie classification phylogénétique (groupe dit monophylétique, voir section 4.5.2). Chaque groupe situé en bout de branche est également un groupe monophylétique, caractérisé par l'innovation évolutive indiquée. Les groupes sans signification phylogénétique (non-fondés sur l'apparentement relatif) tels que les «poissons» et les «reptiles» sont indiqués par des cadres colorés. Ces groupes comprennent un ancêtre et une partie seulement de ses descendants (groupes dits paraphylétiques, voir section 4.5.2).

Point de repère (3)

Les groupes paraphylétiques : impropres à traduire l'évolution

Les groupes non-monophylétiques sont, de fait, exclus d'une classification phylogénétique, c'est-à-dire reflétant, comme l'avait souhaité Darwin, le déroulement de l'évolution.
Citons un exemple de groupe non monophylétique: les «poissons». En remontant le long des branches de l`arbre phylogénétique du vivant jusqu'à l'ancêtre commun à tous les organismes que nous appelons «poissons», nous constatons que l'innovation évolutive qui caractérise cet ancêtre est l'acquisition du crâne. Ce crâne a ensuite été légué à tous les poissons connus. Mais cet attribut n'est pas exclusif aux seuls poissons: certains organismes «à crâne» (crâniates) ne sont pas des «poissons»: par exemple, les tétrapodes (dont nous-mêmes). Aussi, l'attribut qui défini les «poissons» est présent en dehors de ce groupe, ce qui signifie qu'il comprend un ancêtre commun et une partie seulement de ses descendants. Formulé autrement, cela signifie que les «poissons» sont en fait des crâniates sans pattes (non-tétrapodes) (voir **figure 1.5**). Un te' groupe est dit **paraphylétique** (**figure 1.14b**).

Autre exemple de groupe paraphylétique, que nous avons déjà rencontré : les «reptiles». Ils possèdent bien un attribut commun, l'amnios, mais il n'est pas exclusif puisqu'on le trouve aussi chez les mammifères et les oiseaux, lesquels ne sont pas classés au sein des «reptiles». Pour constituer un groupe monophylétique, les reptiles devraient englober les oiseaux et les mammifères (voir **figure 1.5**).
Les groupes paraphylétiques renvoient aux notions que nous avons déjà évoquées de saut adaptatif ou de degré de complexité. Le groupe des «poissons» ne spécifie pas les poissons pour eux-mêmes, mais existe seulement parce que les poissons donnèrent un jour naissance aux tètrapodes. Dans un contexte évolutionniste, il a été maintenu pour souligner le saut adaptatif que constituait la fameuse «sortie des eaux». L'acquisition de quatre membres par certains crâniates a conduit au regroupement de ceux qui ne les avaient pas: les poissons sont des crâniates sans pattes. Il en est de même pour les reptiles, qui existent seulement parce que certains d'ente eux donnèrent un jour naissance aux oiseaux (voir plus haut).

Point de repère (5)

Qu'est-ce qu'un poisson?

Le terme de «poisson», s'il semble valable pour la cuisine, ne signifie rien du point de vue de la phylogénie. Les .poissons, regroupent classiquement les myxines, les lamproies, les chondrichthyens (poissons cartilagineux: requins, raies, etc.), les actinoptérygiens (poissons osseux à nageoires rayonnées, c'est-à-dire la plupart des espèces actuelles), le coelacanthe et les dipneustes. Il n'existe aucun caractère, ni anatomique, ni moléculaire, qui soit exclusif aux poissons, légué par un ancêtre lui aussi exclusif. Ce que l'on trouve chez les poissons, on le trouve aussi ailleurs (le crâne, par exemple). En fait, ils sont définis négativement: ce sont des crâniates (organismes «à crâne») sans pattes.

Si l'on examine la phylogénie des vertébrés (**figure 8.4**), on constate que le coelacanthe et les dipneustes sont plus proches des animaux à quatre pattes (les tétrapodes) qu'ils ne le sont de n'importe quel autre poisson ! Les actinoptérygiens sont plus proches des tétrapodes qu'ils ne le sont des chondrichthyens (actinoptérygiens et tétrapodes ont de l'os)! Les poissons ne sont donc pas homogènes du point de vue phylogénétique: un groupe homogène devrait contenir des membres plus apparentés entre eux qu'ils ne le sont vis-à-vis des espèces extérieures au groupe.

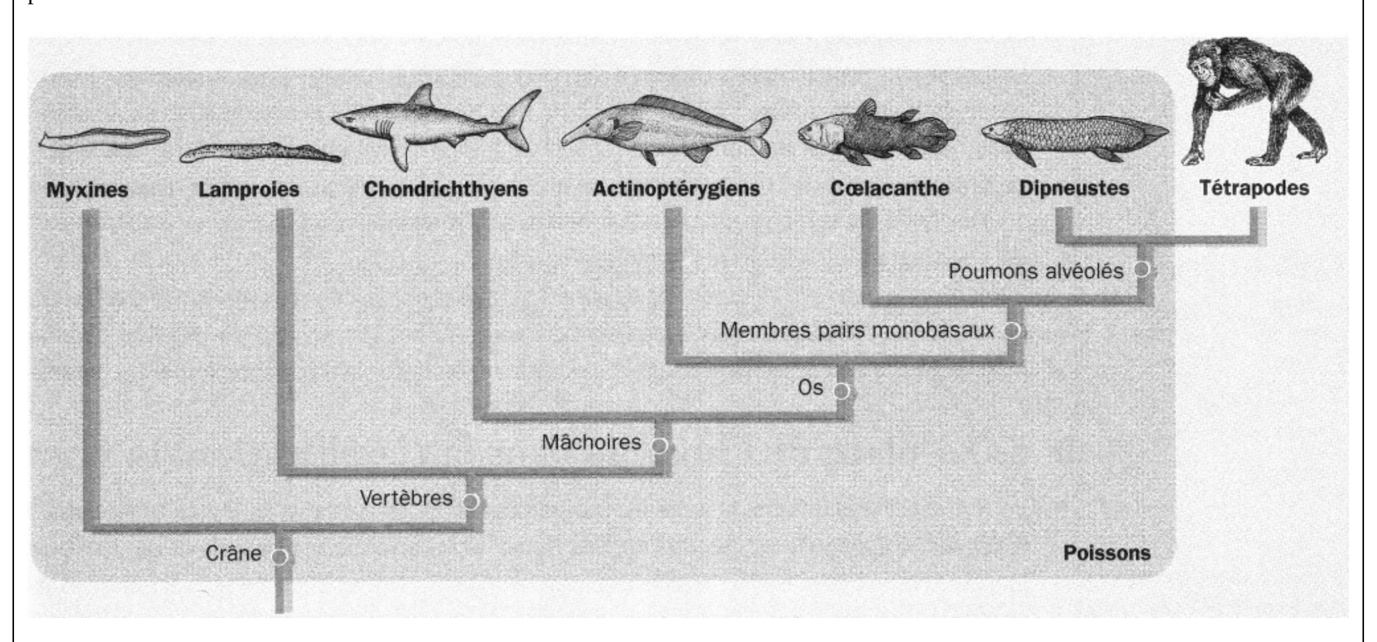


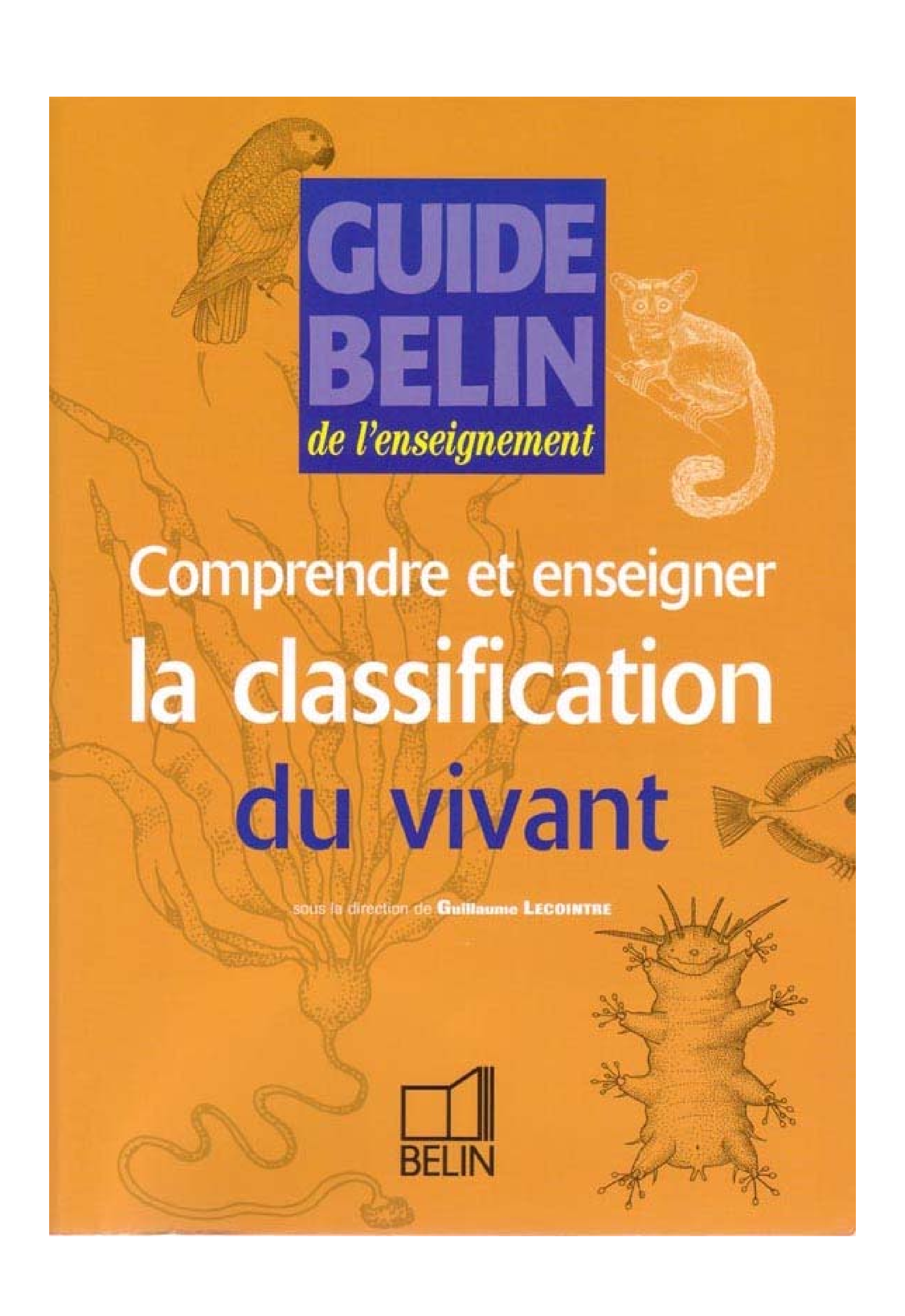
Fig. 8.4. Phylogénie des vertébrés (avec sept groupes: myxines, lamproies, chondrichthyens, actinoptérygiens, coelacanthe, dipneustes, tétrapodes) montrant ce que sont les «poissons».

3.4. Conclusion : le poids de l’histoire

Entre le moment où Darwin montre que les classifications doivent refléter le déroulement de l'évolution et celui où Hennig met au point une systématique répondant à ce souhait, les classifications vont contenir à la fois des groupes ayant une réelle signification phylogénétique et des groupes non fondés sur l'apparentement.

C'est ainsi que, justifiés sincèrement et *a posteriori* par des considérations sur l'évolution, ces derniers groupes, issus de la classification de Linnée, vont perdurer, bien qu'ils demeurent toujours la traduction de l'idée d'une « échelle des êtres ».

C'est ainsi que, de nos jours encore, nos journaux, notre culture et notre système éducatif – jusqu'aux premiers cycles universitaires – sont imprégnés de ce double héritage darwinnien et linnéen, alors que depuis plus de trente ans, les systématiciens ont changé – progressivement et non sans mal, voir chapitre 2 – leurs méthodes de travail, construisant des classifications où seuls les groupes fondés sur un apparentement exclusif des membres qui les constituent sont considérés comme valides. On pourrait presque dire que les classifications produites aujourd'hui par les scientifiques sont totalement laïcisées, alors que les classifications qui marquent l'esprit du public non-spécialiste sont encombrées par des restes de la « science divine » de Linné.


GUIDE
BELIN
de l'enseignement
Comprendre et enseigner
la classification
du vivant
sous la direction de Guillaume LECOINTRE
BELIN

Sommaire

Préface

La question de la classification du vivant est une préoccupation de longue date. Mais au fait, comment classer? Faut-il faire comme Bécassine, la célèbre petite bretonne de *La semaine de Suzette,* qui rangeait ensemble tous les éléments rouges, qu'ils soient serviettes, crayons ou tomates? Faut-il imiter ces restaurateurs qui classent les coquillages et autres «fruits de mer» parmi les poissons? Ou faut-il classer comme Buffon, chercheur prestigieux par ailleurs, qui regroupait les êtres vivants en fonction de leurs rapports avec I'homme? Il n'était d'ailleurs pas le seul à procéder ainsi au XVIIIe siècle.

Mais d'abord, pourquoi classer? Ou encore, pourquoi André Giordan - si je peux modestement me citer! - pour une préface sur la classification. Pourquoi un physiologiste, de surcroît épistémologue? Et surtout, pourquoi quelqu'un qui tournait en dérision les livres et les pratiques pédagogiques en usage sur la classification?

Tout simplement parce que la systématique, cette science de la classification, et son enseignement ont fait leur saut quantique... Ils n'ont plus rien à voir avec ce qu'ils étaient dans un passé récent! II ne s'agit plus de classer pour repérer, répertorier, engranger ou pour... le plaisir de classer! Il s'agit de classer pour comprendre. Pour comprendre une histoire. Et pas n'importe laquelle: celle de la Vie, celle des êtres vivants.

Les résultats sont décapants, mais tellement plus formateurs que la connaissance des pièces buccales d'un crabe ou du nombre des sépales d'un coquelicot! Désormais - il faudra s'y faire - les poissons n'existent plus. Les termes «reptiles» ou «invertébrés» n'ont plus aucun sens, du moins sur le plan scientifique. Pire, les dinosaures n'ont pas disparu! Les crocodiles sont plus proches des oiseaux que des lézards. Enfin, nous-mêmes, membres de la noble espèce humaine, ne sommes plus au centre de la Nature. Et nous devons dorénavant nous considérer plus proches de certains champignons des sous-bois que d'une belle rose...

Non ! Il ne s'agit pas d'élucubrations sans fondements. En s'appuyant sur les méthodes les plus actuelles de la recherche scientifique, ce sont quelques-uns des bouleversements que nous apprend ce livre. Pas simple à concevoir, tout cela! Et c'est bien pour cette raison qu'il était temps de faire un état de la question pour tous ceux qui sont chargés de l'enseigner. C'est le premier mérite de ce livre, coordonné par Guillaume Lecointre, professeur au Muséum national d'histoire naturelle.

Mais son mérite principal est ailleurs. Ce livre pose la question du changement de nos habitudes mentales, et cela, à une époque de mutation où cette transformation devient un enjeu social. Les résultats des travaux des systématiciens nous obligent à regarder et à décrire le monde autrement. Face à ce que l'on prenait pour un poisson, nous devrons désormais faire un cheminement mental similaire à celui que nous effectuions pour exclure les baleines et les dauphins de ce même groupe des «poissons». Peut-être même sera-t-il plus complexe, puisqu'il ne s'agit plus d'exclure, mais de concevoir autrement et de mettre en avant des mots différents.

Dans cette optique, ce livre propose une autre approche de la classification, aussi bien pour l'école maternelle que pour les premiers cycles universitaires, en passant par le collège et le lycée. Car désormais, celle-ci reprend sens pour la classe. Convoquant Cari von Linné, Charles Darwin, Willi Hennig et bien d'autres, Guillaume Lecointre et ses collègues

retracent les grandes étapes de l'élaboration de cette nouvelle démarche. Ils montrent notamment comment la théorie de l'évolution a permis de fonder les relations de parenté entre les êtres vivants et comment les classifications d'aujourd'hui doivent rendre compte de ces parentés.

Toutefois, ne prenez pas ce livre pour un *pensum* ou pour un traité théorique de plus! Avant tout, il aborde les questions concrètes de la classe. Comment, à l'avenir, faire apprendre cette science qui a tant changé? Tout de suite, on s'aper9oit qu'il ne suffit pas d'observer pour « bien» classer. Les cheminements sont beaucoup plus complexes et rejoignent en tour points nos travaux sur *l'apprendre.*

La pensée de l'apprenant, qu'il soit enfant ou adulte, se doit d'être transformée; et pour y parvenir, il n'y a jamais rien d'évident. Aucune recette n'existe, c'est un environnement didactique qu'il s'agit de mettre en place. Bien des ressources et des outils sont nécessaires. Quelques-uns de ceux qui ont «réussi» dans des classes témoins sont ainsi proposés dans cet ouvrage.

André GIORDAN